1848

Malfilatre

DES FERMENTS

ET

DES FERMENTATIONS

CONSIDÉRÉS SOUS LE POINT DE VUE CHIMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE.

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS,

Le 17 juin 1848,

PAR J. A. MALFILATRE,
de Trun (Orne),

BACHELIER ÈS-LETTRES ET ÈS-SCIENCES, EX-INTERNE DES HOPITAUX ET HOSPICES CIVILS DE PARIS, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'ÉMULATION POUR LES SCIENCES PHARMACEUTIQUES DE LA MÊME VILLE.





PARIS.
POUSSIELGUE, IMPRIMEUR DE L'ÉCOLE DE PHARMACIE,
RUE DU CROISSANT-MONTMARTRE, 12.

1848

PROFESSEURS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

MM. RICHARD.
DUMÉRIL.

ÉCOLE SPÉCIALE DE PHARMACIE.

ADMINISTRATEURS.

MM. BUSSY, Directeur.
GUIBOURT, Secrétaire, Agent comptable.
CAVENTOU, Professeur titulaire.

PROFESSEURS.

MM. BUSSY. . . . . GAULTIER DE CLAUBRY.	Chimie.
LECANU. . . . . CHEVALLIER.	Pharmacie.
GUIBOURT. . . . . GUILBERT.	Histoire naturelle
. . . .	Botanique.
CAVENTOU.	Toxicologie.
SOUBEIRAN.	Physique.

AGRÉGÉS.

MM. CHATIN.
GRASSI.
LHERMITTE.
LOIR.
DUCOM.

NOTA. *L'Ecole ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les candidats.*

AUX MANES DE MON PÈRE,

Regrets éternels!

A LA MEILLEURE DES MÈRES,

A MON BON FRÈRE,

Ma Reconnaissance n'égalera jamais leurs bontés.

J. A. MALFILATRE.

A MES BONS AMIS ET ANCIENS MAITRES,

M. QUEVENNE, pharmacien en chef de l'hôpital de la Charité, etc.,

Et M. A. CHARDIN, ancien élève de l'École normale, chevalier de la Légion-d'Honneur, professeur de seconde au lycée Descartes, etc.

Comme un bien faible témoignage de ma Reconnaissance
pour les nombreux et importants services qu'ils m'ont toujours rendus
avec autant de bienveillance que de dévouement.

J. A. MALFILATRE.

DES FERMENTS

ET

DES FERMENTATIONS.



Parmi les phénomènes si nombreux, si variés et si intéressants que la chimie nous présente, les plus importants sont, sans contredit, ceux qui se passent lors des réactions que certains corps appelés *ferments* exercent sur certains autres dits *fermentescibles*, et dont l'ensemble des phénomènes est connu sous le nom de *fermentation*. Ils intéressent presque à titre égal les physiciens, les physiologistes et les chimistes, sans compter les nombreuses applications industrielles dont ils ont presque de tout temps été l'objet.

Aussi les fermentations ont-elles été le sujet de nombreuses recherches tant des chimistes anciens que des modernes. Mais c'est surtout aux travaux de ces derniers que nous devons le plus de lumières sur cette partie si féconde de la chimie organique.

Par ce qui précède, il est aisé de voir que l'histoire complète des fermentations demanderait un développement beaucoup plus considérable que celui que je puis consacrer à un travail de cette nature, aussi ne ferai-je qu'esquisser rapidement les traits les plus saillants de la plupart d'entre elles, réservant un examen plus minutieux pour celles que les sciences et l'industrie considèrent comme plus importantes.

J'établirai cinq divisions dans cette esquisse :

La première contiendra l'historique proprement dit.

La seconde fera connaître les corps susceptibles de déterminer les

fermentations alcooliques, leur nature et les circonstances dans lesquelles ils doivent se trouver pour y parvenir.

La fermentation alcoolique étant la plus importante de toutes constituera à elle seule la troisième division.

La quatrième traitera de toutes les autres.

Enfin dans la cinquième, qui n'est à proprement parler qu'un supplément, j'établirai un parallèle entre les ferments et les corps catalytiques et j'essaierai de déterminer leur action spéciale et les propriétés qui leur sont propres.

HISTORIQUE.

D'après Stahl, ce serait à Van Helmont que nous serions redevables du nom de *fermentation* pour désigner les phénomènes de décomposition spontanée qui font en ce moment le sujet de nos recherches.

Bien avant lui cependant ces phénomènes étaient connus, ou plutôt observés, car on était loin de s'en faire une idée non seulement juste, mais même ayant quelque apparence de justesse.

Parmi les fermentations, la plus anciennement connue de toutes est la fermentation panaire ; en effet l'art de faire le pain, tel qu'on le fait encore aujourd'hui était connu dans l'Orient à une époque bien antérieure au temps de Moïse. On ne connaît ni la date précise de sa découverte ni le nom de l'auteur ; mais ce qui est bien certain, c'est que les Juifs du temps de ce législateur le connaissaient bien, car on trouve dans l'Exode (1) un article qui prohibe l'emploi du pain levé pendant la célébration de la Pâques. Cependant la panification ne paraît pas avoir été connue du temps d'Abraham, car dans son histoire on parle souvent de gâteaux, mais jamais de pain levé.

(1) Exode, ch. XII, v. 15.

L'Egypte, eu égard à la fertilité de son sol et à l'époque plus reculée de sa civilisation, est probablement le pays où l'art de faire le pain prit naissance. Ce serait d'eux que les Juifs en tiendraient la connaissance.

Les Grecs, amis du merveilleux, prétendent que ce fut le dieu Pan lui-même qui le leur enseigna. Homère, dans son Illiade (1), nous fait voir que cet art leur était connu du temps de la guerre de Troie.

Les Romains ne le connurent que l'an 580 de la fondation de Rome (2). Depuis cette époque l'art de faire le pain n'a jamais cessé d'être connu dans le midi de l'Europe. Il se répandit plus difficilement dans le nord. Il y a même encore certains pays septentrionnaux où on ne le connaît que peu ou point.

Vinrent ensuite les fermentations vineuses ou alcooliques, acide ou acétique, putride; qui furent pendant très longtemps les seules connues.

Le nombre des fermentations s'est considérablement accru dans ces derniers temps. On n'en compte pas moins de dix-sept, qui sont:

1° La fermentation alcoolique.
2° —— glucotique.
3° —— carbonique.
4° —— visqueuse.
5° —— lactique.
6° —— butrique.
7° —— acétique.
8° —— gallique.
9° —— pectique.
10° —— benzoïlique.
11° —— synapique.
12° —— saligenique.
13° —— phlorétinique.

(1) Illiade, IX, 216.
(2) Pline, livre XVIII, chap. 11.

14° La fermentation des corps gras.
15° —— ammoniacale.
16° —— putride.
17° —— panaire.

Le premier de tous les chimistes qui ait véritablement connu les phénomènes de la fermentation est l'illustre Lavoisier. Tous ses devanciers, dont j'ai pu consulter les ouvrages, n'en disent que juste assez pour faire voir qu'ils l'ignoraient complétement.

Ce n'est donc qu'à dater de 1743, époque à laquelle ce savant publia la seconde édition de son *Traité élémentaire de Chimie,* que la fermentation alcoolique cessa d'être un mystère.

En effet dans le treizième chapitre du tome premier, intitulé : *De la Décomposition des oxides végétaux par la fermentation vineuse,* il explique un à un tous les phénomènes de la fermentation. Il nous dit comment il est parvenu à cet important résultat; il nous donne le tableau de ses analyses, qui, comme tout ce qu'il a fait du reste, sont marquées au coin du genie.

Après s'être posé cette question : « D'où vient le gaz acide CO^2 qui se dégage; d'où vient l'esprit inflammable qui se forme, et comment un corps doux ou oxide végétal peut se transformer ainsi en deux substances si différentes. dont l'une est combustible et l'autre éminemment incombustible ?

« Pour arriver à la solution de ce problème il faut bien connaître l'analyse du corps susceptible de fermenter ainsi que sa nature, et ensuite les produits de la fermentation, car rien ne se crée ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature. et on peut poser en principe que dans toute opération il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération; que la qualité et la quantité des principes est la même ; qu'il n'y a que des changements, des modifications. »

C'est d'après ces principes que Lavoisier parvint à connaître les phénomènes les plus frappants, les plus extraordinaires, comme il le dit lui-même, que la chimie puisse présenter.

C'est ainsi que ce grand homme, qui en 93 paya de sa vie des

crimes qu'il n'avait pas commis, ne se contentait pas seulement de nous initier aux secrets qu'il avait surpris à la nature, mais encore il voulait nous faire connaître à l'aide de quelle puissance il y était parvenu et on pouvait y parvenir, en nous donnant la seule base possible de toute analyse rigoureuse. Depuis cette époque la fermentation alcoolique fut le point de mire de tous les chimistes; Gay-Lussac, Thénard, Dumas, Quevenne, Turpin, Cagnard, etc., en France furent ceux dont les travaux reculèrent le plus les bornes de nos connaissances sur ce sujet. Berzélius, Liebig, Mulder, etc., à l'étranger, s'en sont beaucoup occupés aussi; mais ils semblent n'avoir eu d'autre but que de combattre les opinions des chimistes français, comme nous le verrons plus loin.

Des Ferments alcooliques.

Leuwenhock, dès 1680, avait vu à l'aide du microscope que la levure de bière était composée de globules dont il attribuait l'origine à ceux des farines employées à la confection du mou de bière.

Le ferment alcoolique ou levain, levure de bière à l'état récent, se présente sous forme de bouillie plus ou moins consistante, constituée par une immense quantité de globules d'une couleur grisâtre ou d'un gris jaunâtre, d'une odeur forte, un peu nauséeuse, rappelant surtout celle du houblon ; sa saveur est de même, mais de plus amère et caractéristique, légèrement acide. Abandonnée à elle-même dans un lieu humide, elle se putréfie bientôt et se recouvre de moisissure, qui est constituée par de petits tubes cylindriques soudés de différentes manières les uns au bout des autres, formant des ramifications appelées par MM. Adral et Gavarcet *penicilium glaucum.* En cet état les globules qui la composent ne sont plus susceptibles de développer la fermentation alcoolique. Soumis à une température n'excédant pas + 100° et suffisamment prolongée, cette masse se contracte, perd toute son eau, devient fragile, comme cornée et demi-

transparente. Si ensuite on y ajoute de l'eau, elle reprend toutes ses propriétés primitives. Une température de + 90° n'influe en aucune façon sur ses propriétés physiologiques et chimiques. Soumise à la distillation sèche elle donne des produits analogues à ceux fournis par les matières animales ; c'est à dire de l'huile empyreumatique, des vapeurs rendues alcalines par la présence de l'ammoniaque, un charbon dur, poreux, brillant et alcalin. Sa pesanteur spécifique est supérieure à celle de l'eau ; délayée dans ce véhicule elle forme une sorte d'émulsion grisâtre et lui cède la plus grande partie des matières extractives et étrangères qui y adhèrent ; abandonnée à elle-même pendant une heure, cette liqueur se fractionne en trois parties : l'inférieure est constituée par un dépôt brun composé de grumeaux d'une saveur très amère, l'intermédiaire par un liquide trouble, la supérieure par des corps étrangers empruntés aux substances employées à la préparation de la bière. Si on laisse reposer pendant vingt-quatre heures la couche intermédiaire, elle laisse déposer un nombre considérable de petits globules, dont il sera parlé plus loin, dont la réunion formera un sédiment blanc, légèrement gris et cohérent ; le liquide surnageant aura une réaction acide, une couleur jaune terne et une saveur amère. En séparant ces deux corps, délayant le dépôt dans une nouvelle quantité d'eau, laissant reposer, puis décantant, etc., comme la première fois ; si, dis-je, on répète ce lavage une, deux, trois, quatre fois consécutives, on voit alors que le dépôt est parfaitement blanc et homogène, l'eau surnageante, incolore, insipide et neutre.

Après ces différentes manipulations la levure de bière se présente sous forme d'une bouillie blanche, lisse et assez consistante, dans laquelle les réactifs chimiques et les verres grossissant ne décèlent pas la moindre trace d'amidon. Sa saveur n'est plus amère, mais fade ; sa réaction est encore un peu acide ; cette acidité est due à des acides particuliers qui, bien qu'étrangers à sa constitution, y adhèrent d'une manière tellement tenace qu'il est extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, de l'en débarrasser par de simples lavages.

En la soumettant à un examen microscopique on voit qu'elle est formée par de petits corps ronds ou ovoïdes paraissant circonscrits par un léger cercle noir.

La marche de la fermentation dans laquelle le ferment a pris naissance influe beaucoup sur la grosseur de ses globules, qui varient de 1/100 à 1/400 de millimètre. Lorsque la fermentation a marché franchement, sans interruption, ils sont généralement réguliers, et leur grosseur est presque constante entre 1/150 à 1/200 de millimètre, bien isolés les uns des autres, rarement réunis en petits amas ou en chaînons. Quelques-uns d'entre eux portent latéralement un globule plus petit faisant corps avec le plus gros. Le cercle noir dont il a été parlé est interrompu au point de jonction; ce qui semblerait indiquer que le plus petit est sorti du plus gros. Ces globules ne sont pas seulement *juxta-posés*, mais adhérents. L'intérieur de ces globules contient en nombre variable de très petits points noirs extrêmement tenus et difficiles à apercevoir, agités du mouvement brownien. (1)

Quoiqu'on puisse dire, d'après ce qui précède, que la levure de bière est insoluble dans l'eau, on ne pourrait cependant pas regarder cette assertion comme d'une exactitude absolue, car quelque prolongés qu'aient été les lavages, on n'a jamais pu cependant parvenir à un tel point que les eaux de lavages ne lui enlèvent plus rien absolument.

Peut-être faudrait-il regarder ce fait comme le produit d'une décomposition partielle du ferment lui-même occasionnée par le contact prolongé de l'eau.

En employant de la même manière que l'eau à la température ordinaire l'eau à + 100°, on est amené au même résultat.

Si on triture dans un mortier une égale quantité de bouillie de levure et de sucre blanc pulvérisé on obtient une liqueur dont la fluidité est semblable à celle de l'huile d'amandes douces. La levure

(1) C'est probablement ce qui avait fait regarder les globules du ferment comme analogues aux animalcules spermatiques.

perd son opacité et sa blancheur, et le liquide devient demi-transparent et jaunâtre. Dœberener avait pensé que ces changements physiques provenaient de la dissolution des globules, mais il n'en est rien ; ils n'ont subi d'autres modifications qu'une légère diminution de volume; les plus gros sont alors de 1/150 de millimètre. Le sucre dans cette circonstance subit aussi une altération plus ou moins profonde, car il n'est plus cristallisable.

Les lavages réitérés, comme il a été dit plus haut, n'enlèvent pas au ferment son principe caractéristique, celui de développer la fermentation.

En opérant avec l'alcool puis l'éther sulfurique de la même manière qu'avec l'eau, c'est à dire à froid puis à l'aide de la chaleur, on enlève au ferment deux matières grasses, l'une demi-solide, jaune, l'autre plus fluide, jaune trouble, d'une odeur aromatique désagréable rappelant celle retirée directement de l'orge par l'éther; sa réaction est acide, et la tache permanente qu'elle laisse sur le papier fait voir qu'elle appartient au groupes des huiles fixes. L'acide sulfurique concentré en dissout aisément une partie et le liquide acquière une belle couleur rouge cerise. Les différents réactifs auxquels ont été soumis ces extraits éthérés et alcooliques ont en outre dénoté la présence dans le ferment de sels calcaires dont les éléments électro-négatifs sont constitués par les acides lactique et phosphorique.

Le ferment, après avoir été épuisé par ce triple menstrue et séché, se présente en grumeaux d'un blanc mat, purs, friables et se réduisant en une poudre blanche par la trituration. Son odeur et sa saveur sont alors presque nulles ; si on l'humecte et si on le met en contact avec les couleurs bleues végétales, il décèle encore une réaction acide. Soumis, dans cet état, à un examen microscopique, l'aspect de ses globules ne se montre que peu modifié, ils ne paraissent que légèrement diminués de volumes; le diamètre des plus gros était de 1/200 millim. Le cercle noir marginal plus prononcé leur communique un aspect général moins pâle.

Après avoir subi ces altérations, le ferment a cessé de l'être; il

n'est plus que l'ombre de lui-même, dessinant encore d'une manière assez exacte sa forme primitive, mais dénué complétement de toute cette propriété à laquelle il devait d'exciter tant d'intérêt.

Ce squelette de ferment trituré avec l'acide sulfurique concentré s'y divise aisément; il forme bientôt un soluté épais et filant, d'abord incolore, puis jaunissant de plus en plus, de manière qu'après vingt-quatre heures de contact sa couleur était devenue d'un beau rouge cerise. L'acide azotique, concentré fait disparaître lentement ce même corps en formant une solution jaune-paille. L'acide phosphorique concentré à froid, n'a pas sur lui une influence aussi marquée, mais à l'aide de la chaleur la dissolution est assez complète; l'acide chlorhydrique a une température de plus de 20° donne d'abord à cette matière une couleur jaunâtre, qui disparaît lentement pour être remplacée par une couleur violette un peu louche, dans laquelle on n'aperçoit plus que très peu de globules.

Si à l'acide chlorhydrique concentré on substitue de l'eau acidulée par 1/15 de cet acide et que l'on fasse bouillir, les globules ne subissent d'autres modifications que la disparition complète des points noirs existants à leur centre et dont il a été parlé plus haut.

Cette liqueur acide évaporée à siccité donne un extrait noirâtre qui fournit, après la calcination, un charbon contenant des phosphates à bases de chaux et de magnésie : les petits points noirs exécutant des mouvements rotatoires au milieu des globules seraient donc constitués par des cristaux de ces mêmes sels.

L'acide acétique, soit à chaud, soit à froid, n'exercent que peu d'action sur ce corps.

Le solutum de potasse caustique ne le dissout assez complétement qu'à l'aide de l'ébullition.

L'action de l'alcali volatil sur cette même matière ne diffère de celle de l'alcali fixe qu'en un moindre degré d'intensité.

Le carbonate sodique est dans le même cas.

En employant le procédé de Creuzburg, on reconnaît sans peine la présence du soufre dans le ferment, qui serait donc alors un corps pentenaire constitué par C. H. O. N. S.

Nous verrons plus loin son analyse élémentaire.

C'est aux travaux aussi savants que consciencieux de M. Quevenne que nous devons la connaissance de tous ces faits. Nous verrons à l'article *fermentation* la suite de ses beaux travaux sur cet important sujet.

Le même auteur a aussi étendu ses recherches sur des ferments qui prennent naissance dans différents cas, tels que ceux que laissent déposer l'urine de diabète, ceux produits par la fermentation alcoolique du jus de raisin, de betterave, de carotte, ceux fournis par la fermentation du sucre provoquée par l'urine normale, le blanc d'œuf, le caseum, etc. Il n'a trouvé entre la levure de bière et eux que des différences insignifiantes.

Dans son Annuaire de thérapeutique de 1846, M. Bouchardat parle de deux espèces distinctes de ferments; il désigne l'une sous le nom de *ferment de lie*, qui existerait dans certaines bières de Bavière; l'autre, sous celui de *ferment noir*, qu'il a découvert dans du vin blanc de Nanchèvre (Yonne). Ils différeraient des ferments ordinaires, 1° par le volume de leurs globules, qui serait plus petit, car les plus gros égaleraient à peine les plus petits des autres; 2° par la lenteur et la puissance de la fermentation qu'ils développent, car il ne lui faut pas moins de quatre mois pour se parfaire dans des circonstances ordinaires, et elle se continue dans des liquides contenant plus de 15 o/o d'alcool.

M. Mitscherlich, dans le *Pogg. Ann.* 59, p. 97, rapporte des expériences qu'il a faites sur le ferment, dans lesquelles il est convaincu que ce corps est un champignon, qu'il appelle *champignon du ferment*, ou plutôt deux espèces dont l'une est la levure de bière proprement dite, et l'autre la lie baissière; c'est évidemment le même que celui dont parle M. Bouchardat.

La lie baissière, qui se formerait déjà à + 7°, ou quelques degrés au dessus, serait composée de globules arrondis et toujours isolés.

La levure commencerait à se former à + 25°, et serait composée de plus grands globules accolés à de plus petits, qui pourraient se grouper de telle manière qu'ils formeraient des végétations.

M. Berzelius, dans son rapport annuel sur les progrès de la chimie, 1846, nous fait connaître le résultat des travaux que M. Mulder a entrepris snr le ferment.

Malgré l'autorité de ce savant Suédois, je suis loin d'avoir sur ce travail, qu'il regarde comme le plus important de tous ceux publiés jusqu'à cette époque, la même opinion. Je crois même pouvoir dire, sans craintc de me tromper, que les faits qu'il relate sont erronés, comme le prouvent les travaux de M. Quevenne, que nous avons vus, et ceux de M. Turpin, que nous verrons plus bas.

Si mes expériences pouvaient être comptées pour quelque chose, je dirais qu'elles me confirment encore plus dans mon opinion. En effet, après avoir, pendant six jours consécutifs soumis à de nombreux lavages 60 grammes de levure de bière, je lui ai vu développer, au bout de quatre à cinq heures, à une température ambiante de + 25 à 28°, une fermentation rapide qui n'a cessé que quand tout le sucre a été convertit en alcool et acide carbonique.

J'ai d'un autre côté laissé en contact avec une égale quantité de ferment, débarrassé seulement des corps étrangers qui le souillaient par deux lavages à l'eau froide, avec 500 grammes d'eau pure pendant trente heures. J'ai ensuite filtré au papier, puis j'ai introduit dans un flacon de Wolf ce liquide avec 60 grammes de sucre candi pur concassé. J'ai adapté à l'une des tubulures du flacon un tube en verre recourbé de manière à pouvoir recueillir les gaz; l'extrémité adaptée au flacon a été parfaitement lutée, afin d'éviter toute déperdition de gaz. Celle qui lui était opposée a été engagée dans une éprouvette pleine d'eau et renversée dans un vase rempli du même liquide. L'appareil ainsi disposé a été soumis à une même température que dans l'expérience précédente, et c'est à peine si après trente-six heures quelques bulles d'acide carbonique avaient été dégagés.

M. Mulder dirait peut-être à cela que ces expériences ne prouvent rien, en ce sens que les deux lavages faits à la levure lui ont fait éprouver les phénomènes d'exosmose, et que conséquemment le liquide protéique, comme il l'appelle, qui seul peut développer la fer-

mentation, n'y étant plus, il n'y aurait rien d'étonnant que le liquide sur lequel j'aurais opéré m'eût donné un résultat négatif.

Mais alors je lui répondrais : Ou le phénomène d'exosmose a eu lieu pendant les lavages, ou il n'a pas eu lieu; s'il a eu lieu le ferment ainsi altéré ne serait plus propre à déterminer la désagrégation des molécules du sucre, mais l'expérience prouve le contraire : s'il n'a pas eu lieu, les trente heures de contact avec l'eau devraient être plus que suffisantes pour que l'exosmose ait lieu : ce liquide jouirait alors de cette propriété mystérieuse qui caractérise le ferment. Or la seconde de mes expériences, d'accord avec celles que M. Quevenne a faites dans les mêmes circonstances, prouve encore le contraire; donc son objection n'aurait aucune importance.

Je vais maintenant rapporter succinctement les travaux *si importants*, au dire de M. Berzelius, de M. Mulder; ce qui précède pourra en faire juger.

En examinant au microscope, le dépôt produit pendant la fermentation de la bière, on voit qu'il est composé de petits globules fermés et remplis intérieurement par un liquide congénère avec la protéine. (Il ne détermine ni leur structure ni leur diamètre). Bien qu'elles soient fermées, ces cellules laissent sortir le liquide protéique en vertu de l'exosmose, tandis que le sucre entre et la remplace. C'est cette matière analogue à la protéine qui devient la cause de la fermentation, en vertu de laquelle, le sucre, ainsi qu'elle-même, se détruisent mutuellement; le sucre se convertit en alcool et en acide carbonique, la protéine en ammoniaque et autres produits qui ne se forment pas sans la présence du sucre, de telle manière que si on considère la protéïne comme le ferment du sucre, on peut envisager le sucre comme un ferment pour la protéine, etc.

Cette matière dont parle M. Mulder est-elle de la protéine, ou seulement une matière analogue? Cette question à laquelle, comme on le voit, M. Mulder ne paraît pas attacher d'importance devrait cependant en avoir une grande; car dans des expériences aussi minutieuses la plus petite chose ne doit pas être négligée, et à bien plus forte raison celle-ci, qui est comme on le voit le point culmi-

nant de la question, il le dit lui-même en ces termes : « L'expérience suivante convaincra que ce n'est ni la cellule ni la forme du globule, mais bien la matière qui y est renfermée qui est la cause de la fermentation. Lorsqu'on délaie avee dc l'eau tiède le ferment qu'on a séparé et qu'on le laisse pendant quelque temps en eontact, la protéine sort de la eellule par exosmose et l'eau y entre ; si l'on filtre l'eau, et si après l'avoir mélangée avec du suere on la place à une température eonvenable pour la fermentation alcoolique , elle entre en vive fermentation : on peut de cette manière enlever avee de l'eau pure la majeure partie de la protéine à l'état de dissolution et obtenir ensuite les eellules dépourvues de toute espèee d'aetivité. »

J'ajouterai encore : S'il suffit de délayer dans l'eau tiède la levure de bière pour obtenir le phénomène d'exosmose, comment M. Mulder se proeurera-t-il cette levure ? Car avec telles rapidité et régularité que marche une fermentation, il ne lui faut pas moins de dix à douze heures pour se parfaire ; or il est bien présumable, et on peut même dire certain, que la levure n'attend pas au dernier quart d'heure, à la dernière minute pour se former ; il faut donc admettre qu'aussitôt que le liquide donne des signes manifestes de fermentation, que du ferment commenee à prendre naissance, et que cette création continue jusqu'à la fin de la fermentation, si alors on recueille le ferment qui s'est formé, on doit en trouver bien peu qui soit véritablement digne de ce nom, car les dix-neuf vingtièmes auront séjourné pendant plus ou moins de temps au sein d'un liquide plus dense que l'eau, toujours en mouvement, et ayant une certaine élévation de température, triple circonstance dont chacune est, comme on sait, très favorable aux phénomènes d'exosmose.

Iei eneore pour décider eette question j'invoquerai les faits.

Si la théorie de M. Mulder lui permettait de considérer la levure de bière comme de petits eorps doués de vitalité. Il pourrait répondre qu'ils ont eu besoin de toute la durée de la fermentation pour parcourir les différentes phases de leur développement, ce qui serait vrai ; mais alors je lui demanderai dans quelle catégorie il rangerait la lie baissière qui, recueillie au fond des tonneaux après des années de

contact avec un liquide, constitue une sorte de ferment dont l'énergie est telle qu'elle détermine la fermentation, comme nous l'a appris M. Bouchardat, dans des liquides contenant plus de 15 p. o/o d'alcool.

Telle est en substance la seconde partie du travail de M. Mulder; travail dans lequel il a établi trois divisions; la première, concernant plutôt l'industrie que la science, eût été déplacée ici. La troisième, qui est consacrée tout entière à l'analyse élémentaire, donne les résultats suivants.

Après avoir isolé la matière protéique du principe cellulcux à l'aide de lavages avec une solution de potasse caustique d'une force moyenne, puis l'ammoniaque liquide, précipitant par l'acide chlorhydrique, il l'a obtenu à l'état de gelée demi-transparente et gonflée semblable à celle fournie par l'amylon du tissu cellulaire de la mousse d'Islande, *sphœroraccus crispus;* dans cet état il est insoluble dans l'eau; se redissout à froid dans la potasse caustique concentrée; il ne produit pas de xyloïdine avec l'acide nitrique, et se convertit sous l'influence des acides affaiblis en acides ulmique et humique. Dans cet état il fournit 33 p. o/o de cendres; il l'a trouve composé de C = 75,12.

		Préparé à l'acide de chlore.	At.	Calculé.
C. . .	44,65	44,54	12	44,49
H. . ,	6,39	6,41	20	6,16
O. . .	48,97	49,05	10	49,35
	100,01	100,00		100,00

Il aurait donc pour formule $C^{12} H^{20} O^{10}$; sa composition et ses propriétés seraient les mêmes que l'amylon.

Le ferment dans son entier, séché à + 130° a donné 10,29 p. o/o de cendres fusibles; séché à la même température, et déduction faite des cendres, il a donné C = 76,730.

	1er	2e	Calculé d'après 70,0 de protéine et 30,0 d'amylon.
C.	51,91	51,74	52,25
H.	7,17	7,14	6,66
N.	11, 8	11, 8	11.20
O.	29,84	30, 4	29,89
	100,00	100,00	100,00

M. Mulder a vu dans d'autres analyses la quantité de protéine varier de 0,55 à 0,7.

Après avoir été lavée et séchée à + 130° la levure a donné sur 100,

C.	54,35
H.	7,04
O.	22,33
S.	» ,25
N.	16,03
	100,00

On n'y a pas trouvé de phosphore. M. Mulder représente le ferment par cette formule

$$15\,(C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{12}) + S.$$

ce qui suppose la même quantité de soufre que dans le cristallin de l'œil.

Je ne comprends pas la différence de ces deux dernières analyses; pourquoi du soufre dans la dernière et point dans la première? M. Mulder aurait-il opéré sur des ferments différents, ou aurait-il suivi un autre procédé analytique? C'est ce qu'il aurait dû nous dire.

Le même chimiste, après avoir laissé du ferment en contact avec un excès de sucre jusqu'à ce que la fermentation ne marchât plus, l'a recueilli, lavé, séché et analysé par la combustion ; son analyse lui fait connaître qu'il ne restait sur 8 d'amylon que 2 seulement de protéine. Il dit en outre qu'avec un peu plus de patience il serait parvenu à n'obtenir que de l'amylon pur.

M. Mulder est encore ici en contradiction avec lui-même, car, après la fermentation, les phénomènes d'exosmose ayant eu lieu, les cellules d'amylon n'auraient dû contenir que de l'eau sucrée.

M. Schlossberger, qui a aussi fait des recherches sur le ferment, l'a également trouvé composé de globules renfermant une matière analogue à la protéine. L'analyse du ferment sec, déduction faite des cendres, lui a donné sur 100 C = 75, 84.

	Levure.	Lie baissière.
C.	50,05	48,03
H.	6,52	6,25
N.	11,84	9,80
O.	31,59	35,92
	100,00	100,00

Ayant extrait la protéine du ferment en l'épuisant à diverses reprises par de la potasse caustique étendue, précipitant la protéine par l'acide chlorhydrique étendu et lavant convenablement le précipité, puis faisant sécher, il l'a trouvé composé de

C.	55,53
H.	7,50
N.	14,01
O.	22,96
	100,00

Il y a reconnu la présence du soufre, mais il n'a pu en déterminer la quantité, à cause du procédé analytique qu'il avait employé. Il a trouvé pour l'amylon

C.	45,09
H.	6,60
O.	48,31

Pour M. Liebig il n'y aurait pas de ferment proprement dit ; toutes les fermentations d'après lui seraient le fait d'une *érémacausie* ou combustion lente, le ferment ne serait qu'une matière albuminoïde soluble, qui en absorbant de l'oxigène passerait à un état plus oxigéné et deviendrait alors insoluble, etc.

Je crois cette erreur trop évidente pour avoir besoin d'être démontrée.

M. Dumas, après avoir lavé, séché et incinéré le ferment, l'a trouvé composé, sur 100, de (abstraction faite des cendres) :

C.	50,06
H.	7,93
N.	15,00
O. . . . . . / S. . . . . . / P.	27,01
	100,00

et lui a donné pour formule C^{96} H^{82} N^{12} O^{20}, ce qui tend, du reste, à établir, comme M. Liebig, l'extrême analogie qui existe entre le ferment et les matières albuminoïdes dont il dérive, matière dont la formule est représentée par C^{96} H^{72} N^{12} O^{15}, de sorte qu'elles n'ont besoin pour constituer le ferment que de s'approprier $^{5}H\ ^{2}O$, car C^{96} H^{72} N^{12} O^{15} + H^{10} O^{5} = C^{96} H^{82} N^{12} O^{20}, qui est le symbole du ferment proprement dit.

Ce point de l'étude du ferment est le seul où les opinions de MM. Dumas et Liebig se soient montrées les mêmes. M. Dumas considère aussi le ferment comme un être doué de vie. Le 25 mai 1847 il donnait au ferment (dans son 14ᵉ cours de chimie organique), la formule suivante : C^{53} H^{7} $O^{15,5}$ + N.

M. Payen, qui s'est aussi occupé de l'histoire des ferments, a trouvé celui de bière composé de

1° Matière azotée et traces de soufre. . .	0,6273
2° Enveloppes de cellulose.	0,2937
3° Substances grasses.	0,0210
4° Matières minérales.	0,0580
	1,0000

M. Mitscherlich a analysé deux espèces de ferments de bière. Après les avoir desséchés à + 120 et incinérés, il a trouvé qu'ils avaient fournis de 0,075 à 0,077 de cendres, qui avaient cette composition.

	I.	II.
Acide phosphorique	0,418	0,395
Potasse	0,395	0,283
phosphate bimagnésique.	0,168	0,226
—— bicalcique	0,023	0,097

La première levure contenait des traces de silice. Les cendres de la seconde ont donné par de simples lavages des cristaux déterminables de phosphate acide de potasse. Aucune d'elle ne contenait de soude.

La bière dont provenaient ces échantillons de levure fut évaporée et calcinée; elle donna 0,507 de cendres, qui contenaient

Acide phosphorique	0,200
Potasse.	0,408
Soude	0,005
Phosphate de magnésie.	0,200
—— de chaux	0,026
Silice.	0,166

Un fait bien digne de remarque c'est que la bière contienne autant de silice et que le ferment ne lui en enlève pas.

Les chiffres qui précèdent et qui expriment des quantités si différentes entre elles, bien qu'ils aient été formulés par des chimistes habiles et exercés, prouvent bien clairement combien une analyse représentant exactement les parties constituantes du ferment est difficile à effectuer.

En effet, des difficultés de plus d'un ordre se présentent en foule. Il y a d'abord l'identité des ferments à constater; or, il y a tant de circonstances qui peuvent influencer de telle ou telle manière sur la constitution du ferment qu'il est véritablement impossible d'obtenir ce résultat. D'un autre côté opérera-t-on sur du ferment brut ou sur du ferment lavé ? Dans le premier cas le ferment différera autant que les liqueurs au sein desquelles il aura pris naissance ; dans le second à quel point faudra-t-il arrêter les lavages? Je crois que le concours de toutes ces circonstances sera, pendant longtemps encore, un obstacle réel à la connaissance exacte des parties constituantes du ferment alcoolique.

Nous allons maintenant examiner le ferment sous le rapport physiologique.

L'un des point capitaux de l'histoire du ferment est à coup sûr la connaissance des moyens à l'aide desquels ce corps se reproduit et de quelle manière on doit le considérer. Est-il doué de vitalité ou bien n'est-il qu'une matière inanimée ne devant son action désorganisatrice qu'à des propriétés chimiques ou catalytiques?

Tout hérissé de difficultés que fût ce problème, M. Turpin la résolu, et le beau travail qu'il a présenté le 20 août 1838 à l'Académie des sciences, nous fait voir de la manière la plus évidente que le ferment est un être organisé, vivant.

Ce volumineux mémoire, dont je ne puis guère ici que rapporter les conclusions, nous fait voir que son auteur a suivi le développement de la levure de bière *ab ovo* jusqu'à son état le plus parfait de végétation.

Ainsi il a commencé à examiner au microscope :

1° Le périsperme de l'orge avant et après la germination de l'embryon ;

2° La trempe ;

3° La lupuline du houblon, le mou composé de la trempe et du principe amer de la lupuline ;

4° La levure fraîche et avant d'être versée dans le mou ;

5° La même levure suivie dans toutes les phases de la végétation des globules séminulifères, dont elle se compose pendant la durée de la fermentation dans la cuve ;

6° La bière terminée ;

7° La levure nouvelle ou reproduite.

Ayant examiné au microscope le liquide connu sous le nom de *trempe fraîche*, il vit qu'il contenait en suspension un nombre prodigieux de très petits globules, provenant de ceux si abondant dans la fécule de l'orge et qui ont traversé le filtre de bois du brasseur. Ce sont tous ces globulins, développés d'abord dans les vésicules cellulaires du tissu cellulaire du périsperme de l'orge, qui forment ensuite, après s'être isolés, la levure de bière primitive.

Telle est la source organique et physiologique du ferment.

Le mou filtré (liquide composé de la trempe et du houblon bouillis ensemble), fait voir ces mêmes globulins dans un état plus avancé de végétation. Leur grosseur varie depuis le point jusqu'à 1/100 de millim., sphérique ou plus souvent ovoïde, légèrement verdâtre et contenant des globulins de diverses grosseurs ; il y en a parmi eux dont la végétation est plus ou moins avancée. C'est ainsi qu'il y en a qui n'ont qu'un bourgeon, d'autres, par suite de bourgeons successifs, se montrent composés de cinq articles et d'un nouveau bourgeon terminal. Cette jeune végétation suffirait déjà pour convertir le liquide qui la contient en bière parfaite, mais comme

elle demanderait trop de temps et ne donnerait qu'un produit d'une conservation difficile, on ajoute à cette liqueur de la levure de bière récente telle qu'elle a été décrite plus haut, et elle ne tarde pas alors à entrer en fermentation.

M. Turpin, armé d'un microscope, examina toutes les phases de cette fermentation.

Ce fut donc dans ce *territoire ensemencé*, qui devait donner une récolte abondante, comme il le dit lui-même, qu'il puisa les données suivantes.

Une heure après cet ensemencement, la fermentation étant développée, il retira de son champ un échantillon; il vit que le plus grand nombre des globules avaient poussé un, quelquefois deux petits bourgeons, qui étaient comme plus jeunes, plus transparents que le globule maternel.

Dans un second échantillon puisé deux heures après, tous ou presque tous les globules qui la fois précédente paraissaient incolores étaient tout à fait semblables au globule producteur; quelques nouveaux bourgeons se montraient déjà sur un certain nombre de ces individus didymes.

Enfin cinq échantillons pris à une heure d'intervalle jusqu'à la fin de la fermentation firent voir successivement une végétation de plus en plus avancée; les derniers échantillons étaient presque tous formés de quatre ou cinq articles vésiculeux remplis de globulins, terminés la plupart par un bourgeon naissant et par un ou deux autres bourgeons latéraux : ce qui annonçait que ces petits végétaux n'étaient pas encore achevés et qu'il y avait chez eux une intention à la ramescence.

Plusieurs fois M. Turpin put remarquer, par suite d'une rupture vésiculaire sous forme de fusée, une partie ou la totalité de leurs globules intérieurs.

Il suffisait, continue encore ce savant, de regarder pendant un quart d'heure ces petits bourgeons naissants pour voir successivement le diamètre qu'ils étaient destinés à avoir comme l'un des articles moniliformes.

Il appelle ces végétaux *torula cervisiæ.* (1)

M. Turpin rapporte à trois causes l'origine, l'organisation et la physiologie du *torula cervisiæ;* trois modes de production : 1° origine primitive par transformation des globulins du périsperme de l'orge ; 2° celle que l'on peut appeler par bouture provenant des articles dissociés des tiges moniliformes (la levure) ; 3° celle par les globulins séminulifères qui s'échappent de l'intérieur des articles vésiculaires.

M. Turpin tire de son travail les conclusions suivantes :

1° Que toutes les levures tirent leur origine de tissus organiques dont elles s'isolent après la vie d'association de ces tissus, sous forme de globulins souvent invisibles au microscope au moment de leur dissociation ; qui n'apparaissent que quelque temps après à la surface des liquides sucrés sous la forme de légères pellicules composées par la réunion d'un nombre prodigieux de globulins, qui n'ont guère alors qu'un 800e de millimètre, et qui en raison de leur extrême ténuité jouissent d'un mouvement de fourmillement bien prononcé.

2° Que ces globulins, doués chacun d'un centre vital particulier, sont autant de corps producteurs, autant de séminules de diverses espèces de mucédinés, qui n'attendent que des milieux convenables à leur nature pour se développer.

3° Que tous ceux que nous avons eu occasion d'observer n'ont commencé à germer qu'après avoir atteint l'état d'un globule vésiculaire du diamètre de 1/100 de millimètre, époque à laquelle ils poussent leurs tigellules articulés, simples ou rameux.

4° Que les levures produites soit par les globules vésiculeux primitifs, soit par la désarticulation de ceux dont se composent les tigellules paraissent assez semblables en ce que toujours elles sont des masses sèches ou molles composées, par simple agglomération, de séminules reproductives, sphériques, ovoïdes ou légèrement pyriformes, qu'elles ne diffèrent que par leur qualité ou leur propriété à

(1) Selon lui il y aurait trois phases dans le développement complet de la levure; dans la première il l'appelle *torula cervisiæ;* dans la seconde *mycoderma cervisiæ,* et dans la troisième *penicilium glaucum.*

faire fermenter plus ou moins activement le liquide sucré dans lequel elles se trouvent plongées; que ces masses de levures, comme corps reproducteurs végétaux, sont comparables à un tas de blé, de millet ou de toute autre menue graine.

5° Que toutes les levures se ressemblent sous le rapport de leur organisation végétale et sous celui du rôle que ces petits végétaux jouent comme principaux acteurs dans l'acte de la fermentation. Nous allons seulement nous occuper de la levure de bière, parceque tout ce que nous en dirons s'appliquera plus ou moins à toutes les autres espèces.

6° Que les études microscopiques que nous avons faites du périsperme de l'orge nous ont amené à reconnaître que les très petits globules de la fécule et peut-être les nombreux globulins échappés des gros globules crevés étaient la source ou l'origine de la levure de bière et de toutes les végétations qui résultent successivement et par voie de générations des globules séminifères de celle-ci, c'est à dire depuis la levure primitive du mou jusqu'au *mycoderma cervisiæ* le plus avancé.

7° Que les globulins provenus du périsperme de l'orge ayant déjà végété et grossi pendant le travail de la décoction ou de la trempe, se trouve dans ce liquide assez développé pour pouvoir être considéré comme de la levure nouvelle et primitive, etc.

8° Que si l'on abandonne à lui-même ce mou de bière composé d'eau, de matières mucilagineuses, de sucre, de séminules globulins de levure, de l'huile essentielle aromatique et des globules morts, ce mou fermente faiblement; il y a indolence dans l'action; le sucre se décompose lentement, l'alcoolisation se fait encore plus lentement, et l'on a une mauvaise bière qui tourne très promptement à l'acide, parceque le nombre des décompositeurs n'est pas assez considérable.

9° Que si au nombre des séminules primitives de la levure naturelle qui se trouve dans le mou, on en ajoute une certaine quantité d'autres obtenus de la récolte précédente; à l'aide de ces nombreux auxiliaires le travail de la fermentation est prompt et énergique.

Que cette addition de levure, qui consiste en des milliards de séminules, est un véritable ensemencement dans un *territoire* particulier, qui est le mou.

10° Que les nouvelles séminules versées dans la cuve à fermentation, réunies à celles qui s'y trouvaient déjà, germent et se développent en autant de petits végétaux moniliformes composés de cinq ou six articles avec une tendance à la ramescence ; que la durée de l'existence de ces petits végétaux subordonne celle de la fermentation, ce qui veut dire qu'au moment où la végétation cesse le mouvement s'apaise, tombe et s'évanouit comme un feu de paille qui manque d'aliment.

11° Que l'existence bien reconnue aujourd'hui des innombrables *torula cervsiæ*, dont la levûre offre les séminules agglomérées en pâte, explique très simplement le revenu très considérable de la levure à chaque fermentation, la cause du mouvement et de la chaleur, la décomposition du sucre en alcool et acide carbonique, l'augmentation incessante de la levure dans chaque cuvée ou à chaque récolte par la multiplication des individus, celle de leurs articles dissociés ou désarticulés ; mode d'augmentation ou de multiplication comparable à celui de tous les autres végétaux.

12° Que toute fermentation étant le fait d'un acte vital dû au développement d'un nombre considérable d'individus organisés, le plus souvent végétaux, mais aussi quelquefois animaux, qui dans le liquide jouent le rôle de divisateurs, ne peut avoir lieu sans la présence d'une matière organique, etc.

13° Que les petits végétaux levuriens soumis aux lois de l'organisation ont besoin, pour se nourrir et se développer, de la pâture que leur offre l'une des parties du sucre, substance sans laquelle ils meurent de faim et se décomposent chaque fois que plongés dans l'eau ils sont privés de stimulants et de nourriture.

14° Que par fermentation on doit entendre association composée d'eau, de corps vivants se nourrissant et se développant par absorption de l'une des parties du sucre et en isolant soit l'alcool, soit l'acide acétique, action toute physiologique, qui commence et finit

avec l'existence des infusoirs végétaux ou animaux qui la déterminent, et dont la vie ne cesse que par l'épuisement total de la matière saccharine et nutritive. C'est alors que, mourants d'inanition et ne pouvant plus se soutenir dans l'épaisseur ou à la surface du liquide, on les voit se précipiter les uns sur les autres et s'entasser au fond du vase sous forme de lie mucilagineuse, de sédiment ou de levure.

15. Que toute fermentation alcoolique ou acéteuse n'a pu être produite jusqu'à ce jour que par la présence de globulins organiques vivants, capables de végéter dans le liquide sucré, et jamais par les matières inorganiques essayées; matières qui, étant ajoutées aux globulins vifs des levures, peuvent seulement, ou rester neutre comme la gomme ou la poussière de marbre, ou agir comme stimulant pouvant servir à relever de leur indolence les globules de levure, ou enfin à les détruire quelquefois complétement comme le font les acides plus ou moins concentrés. »

Si les phénomènes que nous venons de voir se passer dans la cuve du brasseur se reproduisaient également toutes les fois que du ferment est mis en contact d'une matière sucrée, le travail physiologique du M. Turpin pourrait être considéré comme complet; mais les faits viennent nous prouver le contraire, car dans toutes autres circonstances que celles que présentent la fabrication de la bière et la fermentation des sucs sucrés, non seulement le ferment n'augmente pas, mais encore se détruit toujours plus ou moins, comme nous le verrons plus bas. C'est donc un point d'étude physiologique du ferment qui reste encore à éclaircir.

Les différents ferments de bière, de vin et de sucs sucrés qui viennent d'être examinés, ne sont pas les seuls corps qui soient susceptibles de solliciter la désagrégation des molécules du sucre en alcool et acide carbonique; les faits que je vais citer tout à l'heure, et qui sont dus aux observations de MM. Quevenne, Bourchardat et Brendeck, le prouvent d'une manière bien évidente.

1° Le cerveau d'adulte, étant délayé dans de l'eau sucrée et placé dans des conditions favorables au développement de la fermentation,

après quarante-huit heures de contact, cette dernière s'était développée et a marché régulièrement.

Le cerveau d'un animal venant de naître, placé dans les mêmes circonstances, n'a pu produire que la fermentation muqueuse. La cause de cette différence est due au peu de solidité des parois de ces jeunes cellules qui, ne pouvant supporter le travail dont leur centre devait être le siége, se rompent et deviennent ainsi impropres à l'alcoolisation du sucre. (Bouchardat.)

2° La paille de seigle hachée, lavée avec une solution de potasse puis avec de l'eau pure et ayant ensuite digérée avec du tartrate ammonique a fait entrer en vive fermentation un solutum aqueux de sucre de raisin; dix jours après, la liqueur a fourni de l'alcool à la distillation. La paille, sans le sel ammonique ne produit pas de fermentation.

L'alun de plume (1), le papier joseph lavé, le charbon de sapin pulvérisé et lavé, le noir animal débarrassé des sels calcaires par l'acide chlorhydrique, de la fécule de pomme de terre pure, des feuilles d'étain broyées, de l'or battu, des fleurs de soufre lavées empreignées d'un sel ammonique (2) ont déterminé la fermentation alcoolique au bout de deux à cinq jours à une température de + 25°. Pendant la fermentation il était nécessaire d'agiter la liqueur pour soulever le corps poreux. L'or battu n'a donné que des traces de fermentation; mais cependant l'acide carbonique était très visible. Avec les feuilles d'étain la fermentation était en pleine activité au bout de quatre jours. Il en est de même pour le soufre; le gaz acide carbonique qui se dégageait dans cette circonstance contenait dans le principe un peu d'hydrogène sulfuré; mais peu de temps après il ne s'en dégageait plus et le gaz avait une odeur alliacée. La fermentation terminée, le liquide soumis à la distillation une première fois, puis rectifié par plusieurs opérations sem-

(1) Je dirai, avec M. Berzélius, que je ne comprends pas l'emploi de l'alun de plume comme corps poreux dans cette circonstance.

(2) L'auteur fait observer ici que sans la présence du sel ammonique ces mêmes corps ne produisaient pas de fermentation.

blables et successives a donné en dernier une solution de mercaptan dans l'alcool. (Brendeck.)

Ce fait, qui est d'un haut intérêt scientifique, est difficile à expliquer, car quelle théorie admettre pour sa formation? en vertu de quelles lois le corps $C^4 H^4 + {}^2HO$ peut-il abandonner ces deux atomes d'eau pour les remplacer par un égal nombre d'atomes d'hydrogène sulfuré? Est-ce de l'hydrogène sulfuré qui s'est substitué à l'eau dans le corps $C^4 H^4 + {}^2HO$, ou bien est-ce deux volumes de soufre qui ont déplacé un nombre égal de molécules d'oxigène et auxquels ce dernier se serait substitué; ce serait alors une simple substitution d'un corps simple par un autre, comme l'indique cette formule $C^4 H^6 O^2 - {}^2O + {}^2S = C^4 H^6 S^2$ mercaptan.

A quelle nature de force ont cédé ces combinaisons anormales? Toutes ces questions, auxquelles on en pourrait joindre beaucoup d'autres, sont trop au dessus de nos forces et m'éloignerait trop du sujet que je me suis proposé de traiter, pour que j'essaie même de les résoudre.

M. Berzélius a vainement tenté de produire la fermentation alcoolique avec le noir animal, celui de platine, le charbon de sapin en se plaçant dans les mêmes circonstance que M. Brendeck.

M. Quevenne a vu aussi l'alcoolisation du sucre se produire par l'intermède de l'urine normale, du lait, du jaune d'œuf, etc.

L'examen que nous venons de passer de toutes ces matières ne prouve-t-il pas jusqu'à la dernière évidence que l'alcoolisation du sucre ne peut être opérée qu'à l'aide d'un corps solide, globuleux ou poreux, même en faisant abstraction de la vitalité du ferment (que je crois ne plus pouvoir être mise en doute), et que l'on peut dire avec *justesse* de M. Mulder ce que M Berzélius disait à *tort* d'un autre auteur « *qu'il n'est pas à même de décider la question.* »

En suivant pas à pas, avec M. Turpin, la route qu'avait suivie le ferment pour parcourir toutes les phases de son développement nous avons acquis l'entière certitude de la vitalité du ferment, c'est un grand point d'élucidé, sans doute, mais cependant quelque chose reste encore à savoir.

La question à résoudre est celle-ci : les globules du ferment appartiennent-ils au règne végétal ou animal ?

M. Bouchardat, qui s'est aussi posé cette question, en regarde la solution précise comme bien entourée de difficultés.

En effet, si on analyse les différentes propriétés physiologiques du ferment on est forcé d'y voir plusieurs des caractères particuliers aux êtres de l'un et de l'autre règne, et l'on ne peut y apercevoir ceux qui les distinguent nettement l'un de l'autre. Ils vivent dans un milieu contenant de grandes quantités d'alcool et saturé d'acide carbonique : il n'y a aucun animal qui puisse vivre dans un semblable milieu ; ils paraissent complétement étrangers à la mobilité et à la sensibilité, faculté caractérisant le règne animal. Mais d'un autre côté, les éléments dont ils sont formés, l'acide carbonique qu'ils font naître pendant leur existence, l'élévation de température à laquelle ils donnent lieu ne sont-ils pas aussi des raisons puissantes pour admettre le contraire, ou au moins pour faire pencher la balance de ce dernier côté ?

Ne pourrait-on pas alors prendre un terme moyen ? puisque la nature n'a pas voulu établir de transitions brusques entre tous les êtres qu'elle a créé, et qu'elle en a formé comme une longue chaîne dont tous les anneaux se touchent par quelque point. Ne pourrait-on pas, dis-je, considérer le corps qui nous occupe comme un anneau réunissant un règne à l'autre, servant ainsi à établir la continuité de cette même chaîne qui lie ensemble tous les êtres de la nature ?

Pour que le ferment, tel que nous venons de le décrire, puisse opérer le dédoublement du sucre pour donner naissance à des produits d'un nouvel ordre, l'alcool et l'acide carbonique, il faut qu'il soit placé dans certaines circonstances qui sont essentielles, car sans elles son action sur le sucre serait nulle.

Ainsi il faut : 1° de l'eau ;
2° la présence de l'oxigène ;
3° une température de 10 à 50°
4° une matière sucrée.

Nota. A 100 degrés le ferment agit encore sur le sucre, mais il ne donne plus naissance qu'à de l'acide carbonique.

De la Fermentation alcoolique.

Sous le nom de fermentation alcoolique on ne confond pas moins, a dit M. Dumas, de cinq ou six opérations différentes; trois d'entre elles sont caractérisées par les phénomènes que présente le ferment; trois autres par la nature des matières qui éprouvent la fermentation.

Quoique nous ayons, dans le chapitre précédent, fait connaître les principales propriétés du ferment, nous ne le connaissons pas encore cependant sous le triple point de vue dont parle M. Dumas; car ici ce n'est plus le ferment en lui-même qu'il faut examiner, mais bien les phénomènes auxquelles il donne naissance lorsqu'il est mis en contact, dans des circonstances convenables, avec une matière sucrée.

D'après les travaux de M. Turpin, dont j'ai eu occasion de parler plus haut, on pourrait croire que le ferment est une graine qui, ensemencée dans un territoire convenable, rapporterait avec usure; mais ce fait, qui est vrai pour un cas, ne l'est pas pour d'autre, car il existe des circonstances où non seulement il ne rapporte pas avec usure, mais encore se détruit plus ou moins complétement.

J'ai donc plusieurs divisions à établir; ces divisions sont au nombre de trois. Dans la première le ferment n'existe pas encore, mais peut se produire, comme nous le font voir les fruits sucrés. Dans la seconde le ferment existe, il agit, mais ne se reproduit pas, au contraire il perd; la fermentation de l'eau sucrée nous en donne la preuve. Puis enfin, dans la troisième, le ferment naît, agit, et se reproduit; c'est dans la préparation de la bière que ces derniers phénomènes ont lieu.

Puisque nous connaissons maintenant les circonstances dans lesquelles on doit se placer pour obtenir le dédoublement du sucre en alcool et acide carbonique, je vais faire connaître les produits qui en résultent, en commençant par les expériences de Lavoisier qui,

quoique bientôt faites depuis un siècle, peuvent encore nous servir de modèle sous plus d'un rapport.

J'ai déjà fait connaître comment l'illustre victime des tourmentes de 93 entendait que l'on s'y prît pour arriver à la solution d'un semblable problème; nous allons le voir maintenant à l'œuvre, et acquérir la certitude qu'il n'était pas moins bon praticien que grand philosophe.

Après avoir fait l'étude chimique du sucre, qu'il avait trouvé composé de

H.	8 parties.
O.	64 »
C.	28 »
	100

l fit celle de la levure, etc., et disposa ainsi la première expérience.

Matériaux pour la fermentation d'un quintal de sucre.

		livres.	onc.	gros.	grains.
Eau.		400,	»	»	»
Sucre.		100,	»	»	»
Levure de bière en pâte composée de	eau.	7,	3,	6,	44
	levure sèche	2,	12,	1,	28
	Total.	510,	»	»	»

Détail des principes constituants de la fermentation des matériaux.

livres.	onc.	gros.	grains.			livres.	onc.	gros.	grains.
407,	3,	6,	44	d'eau composée de	H.	61,	1,	2,	71,40
					O.	346,	2.	3,	44,60
100				de sucre composé de	C.	28,	»	»	»
					H.	8,	»	»	»
					O.	64,	»	»	»
2,	12,	1,	28	de levure sèche composée de. . . .	C.	»	12,	4,	59,00
					N.	»	»	4,	2,94
					H.	»	4,	5,	9,30
					O.	1,	10,	2,	28,76
510,	»	»	»			510,	»	»	»

Récapitulation des principes constituants de la fermentation des matériaux.

		livres.	onc.	gros.	grains.	livres.	onc.	gros.	grains.
O	de l'eau.	340,	»	»	»	411,	12,	6,	1,36
	de l'eau de la levure. .	6,	2,	3,	44,60				
	du sucre.	64,	»	»	»				
	de la levure.	1,	10,	2,	28,76				
H	de l'eau.	60,	»	»	»	69,	6,	»	8,70
	de l'eau de la levure. .	1,	1,	2,	71,40				
	du sucre.	8,	»	»	»				
	de la levure.	»	4,	5,	9,30				
C	du sucre.	28,	»	»	»	28,	12,	4,	59,00
	de la levure	»	12,	4,	59,00				
N	de la levure	»	5,	2,	94,00	»	5,	2,	94,00
	Totaux.	110,	»	»	»	110,	»	»	»

Lavoisier, après avoir introduit le mélange de toutes ces choses dans un vase propre à recueillir tous les produits sans aucune perte, a abandonné la fermentation à elle-même; celle-ci terminée, il en a fait l'analyse, qui lui a dénoté la présence de l'alcool, de l'acide carbonique, et après les avoir isolés et analysés séparément et en les résolvant dans leurs parties constituantes, on retrouve après un travail très pénible le résultat dont il donne le tableau après avoir retrouvé les 510 livres pesant de matières (1) comme les tableaux précédents nous l'ont fait voir, il en fait de nouveau la récapitulation, puis il termine ce chapitre par ces mots : « Je puis considérer les matières mises à fermenter et le résultat obtenu après la fermentation comme une équation algébrique, et en supposant successivement chacun des éléments de cette équation inconnu, j'en puis tirer une valeur et rectifier ainsi l'expérience par le calcul et le calcul par l'expérience, etc. »

Il est aisé de voir, même par le résumé aussi succinct que celui qui précède, que, sauf quelques détails microscopiques et les petites

(1) *Éléments de Chimie*, 2e édition, tome IV, page117.

irrégularités que les moyens analytiques dont on pouvait disposer alors ne permettaient pas d'apercevoir, tels que la naissance des sels ammoniacaux, le rendement du sucre en alcool et acide carbonique, le changement de polarisation de la lumière opéré par le sucre de canne en devenant sucre de raisin; Lavoisier s'était rendu un compte exact et même minutieux de l'acte si surprenant de l'alcoolisation du sucre.

Je vais maintenant rapporter des expériences plus récentes. Si elles n'ont pas été faites par un Lavoisier, le nom de leurs auteurs, MM. Quevenne, Dumas, Baudrimont, n'en sont pas pour cela moins chers à la science.

Si on place dans un endroit dont la température ambiante soit de + 25 à 30° un mélange composé de ferment, de sucre et d'eau, dans les proportions de 1/2 du premier, 1/4 du second, et 3/4 du dernier, on voit au bout de quelques heures des bulles de gaz venir crever à la surface du liquide; ce dégagement continue d'une manière plus ou moins régulière et pendant un temps qui peut varier d'un à quinze jours, après lesquels il cesse complétement. Si le liquide a été placé dans un vase susceptible de recueillir les gaz, et si on examine celui qui a été produit dans cette circonstance, on verra qu'il fait naître dans les eaux de chaux et de baryte un abondant précipité blanc; qui sera complétement absorbable par un solutum de potasse caustique et qui éteint les corps en combustion, donc on doit en conclure que ce gaz est l'acide carbonique.

La liqueur trouble qui reste dans le flacon a une saveur un peu chaude, spiritueuse; filtrée elle abandonne sur le filtre un dépôt dont nous parlerons plus bas, la liqueur passée à travers le filtre soumise à la distillation jusqu'à ce qu'elle ait fourni une quantité de liquide égale au tiers de son poids; si enfin ce premier produit est replacé dans une cornue avec de la chaux et soumis à une distillation nouvelle, on reconnaîtra sans peine, par l'ensemble de ses propriétés, qu'il est constitué par de l'alcool plus ou moins hydraté.

Si enfin on met dans une cornue tubulée une portion de liquide fermenté avec de la potasse caustique, si on chauffe quelques ins-

tants on donnera de la sorte naissance à un sulfure qu'un léger excès d'acide sulfurique rendra manifeste en donnant lieu à un dégagement de sulfide hydrique, qui viendra noircir un papier imbibé d'un soluté d'acétate plombique placé dans la tubulure de la cornue.

L'addition d'un peu de potasse caustique dans une fiole contenant de cette même liqueur fermentée donnera bientôt naissance à un dégagement de gaz ammoniaque appréciable au papier de tournesol rougi par un acide.

De quelle manière ces corps ont-ils pu prendre naissance?

Le sucre de canne, dont la formule peut être représentée par $C^{24} H^{22} O^{22}$, sous l'influence du ferment absorbe ^{2}HO, et constitue alors le corps $C^{24} H^{24} O^{24}$ qui est le sucre de raisin proprement dit, le carpomel de M. Baudricourt. Mais cette même influence du ferment sur le sucre continuant sur lui son action aussi puissante que mystérieuse, sollicite le dédoublement de ses molécules ; ce dédoublement s'effectue de telle manière qu'il donne naissance à deux produits, dont l'un contient tout l'H du sucre, c'est l'alcool ; l'autre n'en contenant pas, c'est l'acide carbonique, comme l'indique cette équation $C^{24} H^{24} O^{24} — {}^{4}C^{4} H^{6} O^{2} = {}^{8}CO^{2}$ Ainsi une molécule de sucre a donc été décomposée en huit molécules d'acide carbonique et quatre d'alcool.

Un fait remarquable, c'est qu'il n'y a que le sucre de raisin qui puisse, sous l'influence du ferment, subir l alcoolisation (nous avons vu que le sucre de canne absorbait de l'eau), mais ce qui est plus étonnant encore, c'est que le lactore, dont la formule est la même que celle du sucre de raisin, mais dont les molécules sont groupées d'une manière différente, a besoin, lui aussi, pour fermenter, de subir un changement isomérique et de devenir sucre de raisin.

Nous avons reconnu dans le liquide fermenté la présence de l'ammoniaque et du soufre; mais l'analyse élémentaire du ferment nous a fait voir que ces deux corps étaient du nombre de ses parties constituantes, c'est donc à ses dépens qu'est due la formation des sels ammoniacaux et du principe sulfuré, de plus l'expérience a dé-

montré que c'est à l'acide lactique que l'oxide ammonique était combiné.

Pendant l'acte de la fermentation, le liquide est agité d'un mouvement continuel. Quelle est la cause de ce mouvement? M. Baudrimont a répondu à cette question; pour cela il a placé sur le porte objet d'un microscope du liquide en fermentation, il avait enfermé ce liquide dans un verre concave, et a pu voir le ferment s'agiter légèrement d'abord à la partie inférieure du vase qui le contenait, puis son volume s'accroître progressivement, jusqu'à ce que, montant à la surface du liquide, il laissa dégager une bulle de gaz, puis, entraîné par son propre poids, retomba au fond du liquide pour constituer un dépôt inerte.

Cette expérience, quoique bien simple, est pourtant féconde en résultats importants; car elle résout d'un même coup plusieurs phénomènes, dont le sens était encore bien obscur.

En effet, l'ascension du globule est due à ce que dans son intérieur un travail, soit chimique, soit physiologique s'établit, à ce que du sucre y est décomposé et transformé en alcool et acide carbonique, lesquels corps, ayant une densité inférieure à celle de l'eau, enlèvent, à travers ce liquide, comme un ballon gonflé est enlevé dans les airs, le globule de ferment dont les parois n'offrant pas assez de résistance pour s'opposer à la force extensible des corps nouveaux qui se produisent, éclatent et retombent comme il vient d'être dit.

Ce fait n'explique-t-il pas de la manière la plus évidente, 1° que le ferment a besoin d'être un corps caverneux pour opérer la décomposition du sucre; 2° l'épuisement prompt et complet des forces désorganisatrices du ferment, lorsqu'il opère dans des milieux ou les matériaux manquent à sa régénération.

J'ai dit plus haut que, soumis à l'influence du ferment, le lactose changeait d'état moléculaire avant d'entrer en fermentation, que le sucre de canne s'assimilait de l'eau pour devenir sucre de raisin avant de pouvoir subir une semblable désorganisation (1). Je vais

(1) Avant l'influence du ferment il dévie à droite les rayons de la lumière polarisée, et après il les dévie à gauche, signe caractéristique du sucre de raisin.

dire maintenant que le glucose, qui peut aussi entrer en fermentation, a besoin pour cela de perdre de l'eau comme l'indique cette formule $C^{24}\ H^{26}\ O^{26}$ = glucose. En perdant ^2HO il reste $C^{24}\ H^{24}\ O^{24}$ = carpomel. Ainsi, soumis à la fermentation, il fournira donc de l'eau, de l'acide carbonique et de l'alcool.

S'il devient sucre de raisin avant que de s'alcooliser, il faut que ce phénomène s'accomplisse tout à coup, car il se montre d'extrogyre pendant toute la durée de la fermentation, seulement la déviation des rayons polarisés va toujours en décroissant jusqu'à ce qu'il ne reste plus rien à fermenter.

Les formules que j'ai écrites plus haut pourraient donner à penser que le glucose donnerait, après la fermentation, un poids d'alcool inférieur au sien; que le sucre de raisin en donnerait un égal, que le sucre de canne en donnerait un supérieur. Il n'en est pas cependant tout à fait ainsi, car l'expérience prouve que le sucre de canne ne donne guère que 0,96 de son poids d'alcool et d'acide carbonique, les 0,04 qui manquent sont transformés en acide lactique.

Le glucose donne en outre, pendant sa fermentation, naissance à un produit particulier, l'amylol, qui communique à l'alcool qui en provient l'odeur et la saveur fortes et désagréables qui le caractérisent.

La fermentation du suc de fruits sucré n'ayant rien à nous apprendre, si ce n'est qu'il contient le ferment à l'état rudimentaire et qu'il suffit d'une bulle de gaz O pour qu'il puisse se développer et opérer l'alcoolisation de tout le sucre qu'il contient, je le passerai sous silence.

Je vais maintenant faire connaître les expériences que M. Quevenne a faites sur l'influence de la température sur les produits de la fermentation et l'action qu'exercent sur cette dernière l'influence de certaines substances toxiques.

La température de + 20 à 25° paraît être celle qui convient le mieux à la fermentation, lorsqu'on exige d'elle une marche régulière; mais la température de + 45°, indiquée comme la limite au-delà de laquelle la fermentation alcoolique ne peut plus avoir lieu,

n'est pas exacte principalement lorsqu'on opère sur un liquide sucré auquel on a ajouté de la levure de bière ; au contraire la marche du phénomène devient de plus en plus accélérée à mesure qu'on se rapproche de 55°, le dégagement est alors tumultueux, et on peut aisément entendre le tintement métallique qui accompagne la fermentation. En élevant la température la fermentation ne s'arrête pas, vers + 60° le dégagement du gaz se ralentit, mais il devient plus intense à + 70° ou 80 et se continue rapidement pendant plusieurs heures à la température de l'eau bouillante, puis s'arrête ensuite pour ne plus recommencer.

Les produits qui prennent alors naissance ne sont plus les mêmes qu'à une température moins élevée; ainsi celle qui a lieu entre 50 et 100° ne produit pas la plus petite trace d'alcool, elle ne laisse dégager que de l'acide carbonique, le résidu de la fermentation a une saveur nauséeuse, est très carbonné et analogue à l'acide ulmique. C'est à cette fermentation que M. Quevenne a donné le nom de *fermentation carbonique*.

Dans l'examen de l'influence de certains agents chimiques sur la fermentation, M. Quevenne a constamment employé pour 81 grammes de liquide (eau 60 grammes, sucre 20, ferment 1), 0,3 grammes des substances désignées plus bas lorsqu'elles étaient solides et 6 gouttes lorsqu'elles étaient liquides, ainsi avec:

1° Essence de térébenthine, empêchement complet de fermentation.

2° Créosote, résultat semblable.

3° Acides azotique, chlorhydrique, sulfurique, empêchement complet de fermentation; les acides minéraux influent tous d'une manière défavorable; l'acide phosphorique à nui à son développement, mais ne l'a pas empêché complétement. L'acide arsénieux est dans le même cas.

4° Certains acides organiques favorisent la fermentation quand ils ne sont pas en trop grande quantité, tandis que d'autres sont nuisibles.

L'acide acétique à 10° à la dose de 5 à 10 gouttes a activé la

fermentation ; 20, 40, 50 gouttes du même acide ont empêché tout phénomène de fermentation.

L'acide lactique en solution concentrée produit à peu près les mêmes résultats que l'acide acétique.

Les acides tartrique, citrique contrarient la fermentation, mais ne l'empêchent pas.

L'acide tannique en a retardé la marche pendant un jour, après lequel il a été sans influence.

L'acide oxalique s'oppose complétement à la fermentation.

L'acide prussique médicinal à la dose de 4 grammes l'a aussi empêchée d'une manière absolue.

5. Les alcalis sont nuisibles à la fermentation, mais seulement à cause de leur alcalinité ; car aussitôt qu'ils ont été saturés par de l'acide acétique, leur influence est nulle. On peut même à l'aide de ces moyens arrêter, puis exciter alternativement le phénomène de la fermentation.

L'oxide de mercure opère la cessation complète de toute fermentation.

L'oxide rouge de plomb est sans influence.

Le calomelas est sans influence.

La crême de tartre, l'acétate de potasse, le sulfate de soude exercent une heureuse influence sur la fermentation.

Le carbonate de soude agit comme les alcalis.

L'alun, l'acétate neutre de plomb ont gêné la fermentation, mais sans l'empêcher.

L'acétate de cuivre, le chlorure mercurique l'ont empêchée de la manière la plus complète.

6. Parmi les alcaloïdes végétaux, la morphine et la strychnine ont été essayées ; la première, abstraction faite de son alcalinité, est sans action aucune, l'influence de la seconde s'est montrée faiblement nuisible.

7. La staphisaigre concassée à la dose de 4 grammes a été sans action.

8. L'urée ne paraît influer en rien sur la fermentation, mais elle

semble se détruire en partie et donner naissance à de l'ammoniaque.

M. Quevenne a vu, en cherchant à se rendre compte de la multiplication du ferment, qu'un mélange de sucre, d'eau et de ferment abandonné à lui-même entrait en fermentation; que d'abord le ferment acquérait plus de poids, revenait ensuite à son volume primitif, puis enfin finissait par perdre; de plus, que le dépôt ainsi formé n'était plus apte à développer une nouvelle fermentation.

Pour les ferments et les fermentations alcooliques, je crois maintenant avoir atteint, autant qu'il était en mon faible pouvoir, le but que je m'étais proposé.

De l'analyse succincte de toutes ces matières, je n'en tirerai pas de conclusions, car elles ne seraient pas nouvelles, mon opinion à ce sujet étant exactement la même que celles de MM. Quevenne et Turpin, opinion que j'ai fait connaître.

J'aurais pu citer à l'appui des savantes théories qu'ils ont émises encore bien des faits importants, mais l'abondance des matières était telle que j'ai dû me borner à n'en faire connaître que quelques-uns choisis parmi les plus importants.

UN MOT SUR TOUTES LES AUTRES FERMENTATIONS.

1. — De la Fermentation acéteuse ou acétique.

Les phénomènes qui se passent lors de l'acescence des liquides alcooliques ne sont pas regardés par tous les chimistes comme résultant d'une fermentation. Ce serait, selon les dissidents, une simple *érémacausie.* M. Bouchardat, qui est du nombre de ces derniers, cite à l'appui de l'opinion qu'il professe que Lowitz avait vu que des vins aigris contenaient autant d'alcool qu'avant leur acescence; que T. de Saussure avait annoncé que le gaz oxigène absorbé était remplacé par un volume à peu près égal d'acide carbonique, ce qui n'a pas lieu dans l'acétification de l'alcool.

Voici une expérience qu'il a faite, et qui prouve ce qu'a avancé Louïtz.

Il a laissé un flacon à moitié rempli de vin contenant 7,2 p. 0/0 d'alcool, à une température de + 11°; au bout de quinze jours le vin était aigri, l'acide formé ayant été saturé, il donna, comme avant son acescence, 0,07,2 d'alcool.

D'après lui les matières organiques telles que la décoction de malt, le suc de pomme de terre ou de topinambour, les matières azotées du vin n'interviennent uniquement que pour absorber de l'oxigène et le transmettre ainsi à l'alcool comme font les corps catalytiques.

Une autre preuve bien convaincante en faveur de l'érémacausie, c'est qu'une seule bulle d'oxigène suffit pour déterminer une fermentation régulière, tandis que pour l'acétification de l'alcool il en faut de grandes quantités.

Ainsi la mère du vinaigre, toutes les végétations et tous les vibrions observés dans le vinaigre ne servent en aucune manière à l'accomplissement de l'acétification de l'alcool.

Je crois que l'on pourrait sans trancher aussi nettement la question admettre que les ferments ne sont pas, dans ce cas, d'une absolue nécessité; qu'ils pourraient être remplacés par des corps catalytiques, mais que cependant les ferments sont de puissants agents pour l'acidification des matières alcoolisées, et que les phénomènes qui se passent ainsi sont mixtes. Peut-être qu'en l'envisageant de cette manière on serait plus dans le vrai.

Que les phénomènes appartiennent à tel ou tel ordre, la réaction n'en est pas moins celle-ci, l'alcool $C^4 H^6 O^2$ sous une influence quelconque commence par perdre 2 éq. d'hydrogène, qui sont ensuite remplacés par 2 d'oxigène; car $C^4 H^6 O^2 - H^2 + O^2 = C^4 H^4 O^4$ acide acétique.

2. — De la Fermentation panaire.

La fermentation panaire n'étant à proprement parler qu'une fermentation alcoolique, je ne crois pas devoir entrer dans de plus longs détails; seulement le ferment est obligé ici de créer du sucre pour le décomposer ensuite en alcool et acide carbonique qui, en

cherchant à se dégager, fait augmenter le volume de la pâte et la rend ainsi plus légère et plus digestive.

3. — De la Fermentation putride.

L'une des plus anciennement connues, la fermentation putride, offre un ensemble de phénomènes successifs et probablement d'ordres différents.

Son histoire est encore peu connue ; ce qu'on en sait cependant est plus que suffisant pour que l'on puisse ranger cette série de réactions sur la même ligne que les fermentations proprement dites.

En effet pour qu'une matière, soit animale, soit végétale, éprouve ces phénomènes, il lui faut, 1° la présence de l'eau ; 2° le contact de l'air, et qu'elle soit soumise à l'influence d'une température à peu près semblable à celle des autres fermentations.

Ainsi au dessous de O et au dessus de 100° aucun symptôme de putréfaction ne peut exister ; d'un autre côté toutes les substances avides d'eau, telles que l'alcool, les sels, etc., s'opposent plus ou moins complétement à sa production. La créosote, l'éther, les huiles essentielles, etc., sont dans le même cas.

Lorsque la putréfaction commence, la plupart du temps d'innombrables quantités d'animalcules presque imperceptibles paraissant naître des matières en désorganisation se montrent, puis périssent ; d'autres, qui leur succèdent, périssent à leur tour : de telle manière que le résultat final est le produit de plusieurs décompositions successives.

C'est ainsi que le lait coagulé abandonné à lui-même dans des conditions convenables se convertit, par une suite de réactions successives, en fromage.

Cette fermentation se caractérise aussi par la production d'une grande quantité de sels ammoniacaux et une odeur pestilentielle, qui est souvent suffocante. Son importance dans l'économie agricole est immense, car c'est à elle que nous devons les engrais sans lesquels le sol serait bientôt frappé de stérilité.

4. — De la Fermentation carbonique.

Cette fermentation a été introduite dans la science par M. Quevenne.

Les éléments propres à lui donner naissance sont les mêmes que ceux de la fermentation alcoolique. Seulement ici la température doit être portée, immédiatement après le mélange des matières fermentescibles, à une température supérieure à + 50°, et continue de 80 à 100°. Les seuls produits qui en résultent sont de l'acide carbonique qui se dégage et une matière analogue à l'ulmine qui reste dans la liqueur et qui contient beaucoup de carbone au nombre de ses éléments.

C'est à la nature de ces deux produits très carbonisés que cette fermentation a dû son nom.

5. — De la Fermentation saccharique ou glucosique.

La fermentation saccharine se manifeste aussi à la suite de plusieurs réactions successives.

Elle consiste principalement dans la conversion de la fécule en dextrine, puis en sucre.

La diastase, matière albuminoïde végétale, isolée par MM. Payen et Persoz, et existant dans l'orge germée, possède au plus haut degré cette propriété singulière.

Elle n'est pas le seul ferment qui puisse saccharifier la fécule ; le gluten sec, toute espèce de matière fibrineuse ou albuminoïde sont aussi plus ou moins propres à déterminer les mêmes phénomènes.

La température la plus propice à ce genre de réaction est comprise entre + 50 et 70°. Au-delà de + 80° l'albumine se coagule et devient inerte. A une basse température cette fermentation se manifeste aussi, mais d'une manière beaucoup plus lente.

Cette fermentation se lie très étroitement à certains actes de physiologie végétale. C'est ainsi que la fécule contenue dans les semences des legunimeuses, des graminées et de bien d'autres encore

sous l'influence du développement de l'embryon, se saccharifie pour fournir au jeune végétal un aliment qu'il n'est pas encore apte à puiserdan s le sol.

La destruction du sucre, dans cette circonstance, offre aussi une analogie frappante avec la fermentation découverte par M. Quevenne; en effet, une grande partie du carbone est fixée pour constituer les cellules du végétal, l'autre est cassée au dehors sous forme d'acide carbonique.

Une partie du diastase, dosée à l'état sec, peut saccharifier 2000 parties de fécule.

L'amidon, dans la fermentation dextrinique fixe de l'eau, et la dextrine pour se sacharifier ne fait que changer d'état moléculaire.

6. — Fermentation lactique.

La diastase, que nous avons vue tout à l'heure à l'état récent constituer un ferment saccharique si énergique, abandonnée quelque temps à même dans un air humide, change de nature et mérite alors avec le caséum, d'être placée en première ligne des matières nombreuses qui constituent le ferment lactique.

Je dis nombreuses, car presque toutes les matières organisées, azotées, soit qu'elles aient été fournies par les plantes ou empruntées au règne animal, peuvent, après avoir été modifiées par le contact de l'air, donner lieu aux phénomènes de la fermentation lactique.

Ce fut M. Dubunfaut qui, il y a 17 ans, signala le premier la production de l'acide lactique sollicité par du lait caillé mis en contact avec une solution de glucose.

Du lait abandonné à lui-même présente un exemple curieux de fermentation lactique. On sait en effet que dans cette circonstance le lait s'aigrit et se coagule; il est alors constitué par un mélange de petit lait et de caséum Le premier est formé d'une solution aqueuse de sucre, de lait et de sels, le second de caséum et de beurre. Comment ces produits ont-ils pu prendre naissance? C'est que l'air au moyen de son oxigène a déterminé au sein du liquide la formation

d'un peu d'acide lactique qui réagissant sur le caséum le coagule ; celui-ci à son tour, réagissant sur le sucre de lait, le convertit en acide lactique. Cette première série de réactions mutuelles et successives se renouvelle jusqu'à ce que la totalité du sérum soit coagulé. Mais il est aisé de donner naissance à une nouvelle série de phénomènes en tout semblables aux premiers, pour cela il suffit de saturer l'acide formé avec une base quelconque. Ca O est préférable dans ce cas, le sérum reprend son état primitif, et tout se passe de nouveau comme la première fois.

On peut, et toujours avec le même succès, répéter cette expérience un assez grand nombre de fois, avant que le caséum ait perdu toutes les propriétés acidifiantes qui le caractérisent dans cette circonstance.

Les substances pouvant servir à la formation de l'acide lactique sont très nombreuses, car toute matière végétale neutre, ayant la même composition que l'acide lactique ou renfermant un peu plus ou moins d'eau, sont susceptibles de lui donner naissance.

La fermentation lactique ne consiste donc qu'en un simple changement moléculaire, accompagné d'une perte ou d'une fixation d'eau selon le cas.

Toutes les matières arrêtant la fermentation alcoolique exercent la même influence sur la fermentation lactique.

7. — De la Fermentation butyrique.

La fermentation butyrique succède à l'acide lactique, dans les circonstances que nous venons de voir. C'est à M. Gelis que nous en devons la connaissance.

La production de l'acide butyrique, dans ce cas. est d'une haute portée scientifique ; car ci c'est au sucre ou à ses annexes qu'il doit sa formation, il démontre de la manière la plus évidente que ces produits, ayant la faculté de donner naissance à des corps gras, l'acide butyrique, qui existe naturellement dans le beurre, établirait une relation intime et toute naturelle entre la lactine et le beurre du lait.

L'acide butyrique ne diffère de l'acide lactique que de deux équi-

valents de carbone et d'hydrogène en plus, comme le prouve cette formule.

$$\underset{\text{Acide butyrique.}}{C^8 H^8 O^4} - 2\, CH = \underset{\text{Acide lactique.}}{C^6 H^6 O^4}.$$

8. — De la Fermentation visqueuse.

La fermentation visqueuse est celle qu'ont subie les vins blancs devenus comme huileux, et que l'on désigne communément sous le nom de *graisse* de *vins*.

Cette fermentation se développe très communément en été dans les juleps contenant de l'eau, du sucre et quelques matières organiques.

M. Desfosses a vu que l'on pouvait déterminer la visquosité du sucre en le dissolvant dans une solution filtrée de levure de bière. Il faut que le sucre y soit en quantité suffisante pour que le liquide marque de 6 à 8° au père sirop; pendant la réaction il se dégage un peu d'acide carbonique et d'hydrogène.

M. Peligot a pu remarquer dans le produit de cette fermentation, des globules de ferment qui, examinées au microscope, avaient une très grande analogie avec ceux de la levure de bière.

On a pu remarquer aussi de la mannite parmi les produits de la fermentation visqueuse.

La mucose, qui est le produit le plus important de cette fermentation, ressemble, à l'état récent, à du blanc d'œuf. Séchée, elle se présente en écailles demi-transparentes d'une saveur fade, soluble dans l'eau, moins cependant que la gomme arabique, elle constitue aussi avec ce liquide un mélange plus épais. L'acide nitrique ne forme avec elle que de l'acide oxalique.

Le sucre, dans cette fermentation, fixerait de l'eau: d'après M. Dumas 116 grammes de sucre fourniraient 137 de mucose.

M. Baudrimont dit au contraire que le sucre ne fait que changer d'état moléculaire.

Le tannin, les acides chlorhydrique, sulfurique, l'alun, etc., empêchent la fermentation visqueuse de se développer et peuvent quelquefois la détruire. C'est ainsi que le tannin peut rendre au vin gras ses propriétés primitives.

9. — De la Fermentation pectique.

La fermentation pectique n'offre pas par elle-même un ensemble de phénomènes bien importants Le corps acide qui en est le seul produit présente à la science beaucoup plus d'intérêt à cause des différents états allotropiques que les acides, les bases, l'action plus ou moins prolongée de la chaleur lui font subir.

L'albumine végétale mise en contact avec une dissolution de pectine ne tarde pas à réagir sur elle ; elle la transforme en un corps acide, insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis, qui est l'acide pectique, dont la formule peut être représentée par $C^{48} H^{34} O^{22} + {}^{2}HO$, ou $C^{48} H^{36} O^{24}$, mis en contact avec une base $P^{6} O$, par exemple, HO est éliminé et remplacé par l'oxide métallique, et constitue un sel qui a pour formule $C^{48} H^{34} O^{26} + P^{6} O + HO$, ou $C^{48} H^{35} O^{23} + P^{6} O$.

L'albumine végétale n'est pas le seul corps qui puisse transformer la pectine en acide pectique, l'acide sulfurique peut aussi le faire ; bien mieux, il nous donne un excellent moyen d'obtenir de grandes quantités d'acide pectique pur en opérant ainsi.

On prend des groseilles vertes, on les broie dans un mortier, puis on traite par l'eau distillée jusqu'à ce qu'elle ne puisse plus rien enlever à cette masse, qui est alors sans saveur, sans réaction acide ni alcaline. Si on la place alors dans une capsule avec de l'eau distillée aiguisée d'acide sulfurique et que l'on fasse bouillir pendant quelque temps on obtient des quantités considérables d'acide pectique.

10. — De la Fermentation gallique.

Les phénomènes qui se passent lors de la transformation, sous l'influence de certains agents, du tannin en acide gallique ont été rangés par M. Larocque au nombre des fermentations.

La noix de galle pilée et épuisée par l'éther sulfurique constitue un véritable ferment gallique; la viande, le sang, le caséum exercent aussi les mêmes propriétés.

Si on met de la noix de galle épuisée par l'éther dans un flacon bouché à l'émeri avec de l'eau et de l'acide tannique, et qu'on laisse réagir ces corps ensemble pendant un mois, on ne trouve plus alors la moindre trace de tannin; il a été convertit tout entier en acide gallique. Ce fait s'est accompli sans dégagement de gaz et sans formation de moisissure.

Il ne s'est cependant pas agi là d'un simple changement moléculaire, car il y a eu perte de carbone et d'hydrogène dans la proportion de quatre du premier et de un du second, comme le prouvent les formules suivantes empruntées à Baudrimont. L'acide tannique $C^{18} H^{9} O^{12} - C^{4} H^{1} = C^{14} H^{18} O^{12}$ = acide gallique.

L'oxide mercurique, l'alcool, les acides chlorhydrique, azotique, sulfurique, oxalique, acétique, cyanhydrique, le brome, l'essence de térébenthine, la créosote sont les corps qui s'opposent les plus à la transformation du tannin en acide gallique. Ces faits sont le résultat des expériences de M. Larocque.

11. — De la Fermentation benzoïlique.

La fermentation benzoïlique est constituée par une série de phénomènes dont l'ensemble présente des faits nouveaux extrêmement intéressants.

En effet, une matière azotée neutre, cristallisée et sans action sur l'économie animale, mise en contact avec une autre matière analogue, pour ses propriétés, à l'albumine végétale, n'a besoin que de l'intermède de l'eau et d'un peu de chaleur pour donner naissance à différents corps nouveaux, au nombre desquels on compte le poison le plus violent que possède la chimie, l'acide cyanhydrique.

Cette matière neutre azotée c'est l'amygdaline; l'autre, la matière albuminoïde, qui joue le rôle de ferment, c'est la synaptase. Celle-ci est extraite du tourteau d'amendes amères, celles-là de celui d'amandes douces.

La fermentation benzoïlique nous a fait connaître un fait d'une haute importance pour la physiologie végétale, c'est la production spontanée, sous l'influence de certains agents, de plusieurs huiles es-

sentielles, ne préexistant pas dans les plantes et jouissant néanmoins de la faculté de se développer dans les produits de leur décomposition.

J'ai dit tout à l'heure que l'un des produits de la fermentation qui m'occupe en ce moment était de l'acide cyanhydrique, mais les autres, qui sont au nombre de quatre, nous restent encore à connaître : ce sont 1° l'hydrure de benzoïle ; 2° le sucre ; 3° l'acide formique ; 4° l'eau. Les éléments de l'amygdaline dont voici le tableau se trouvent ainsi distribués en

Éléments de l'amygdaline C^{80} N^2 H^{54} O^{22}.

1	atome	d'acide cyanhydrique.	C^4	N^2	H^2	
2	—	hydrure de benzoïle	C^{56}		H^{24}	O^4
1/2	—	de sucre.	C^{12}		H^{10}	O^5
2	—	acide formique.	C^8		H^8	O^8
5	—	d'eau			H^{10}	O^5
			C^{80}	N^2	H^{54}	O^{22}

M. Dumas, auquel j'emprunte ces chiffres, ne pense pas que tous ces corps soient le résultat d'une seule et même réaction ; il présume au contraire qu'ils ont tous pris naissance les uns après les autres et par suite de réactions mutuelles.

Voici comment il essaie de le prouver :

L'amygdaline pouvant être représentée par C^{24} H^{22} O^{17} + $^2C^{24}$ H^{12} O^2, N^2 H^{80}, il admet qu'une première réaction du ferment déplace l'ammoniaque et l'hydrure de benzoïle, on a ainsi d'une part :

$$^2C^{28}\ H^{12}\ O^2 \text{ et } N^2\ H^{80},$$

tandis qu'il résulte de l'autre

$$C^{24}\ H^{22}\ O^{17}.$$

Le ferment, agissant de nouveau sur ce dernier corps, se dédouble ensuite pour former

$$C^{12}\ H^{10}\ O^5$$
$$\text{et } ^3C^4\ H^4\ O^4.$$

L'un des équivalents d'acide formique rencontre et sature un

équivalent d'ammoniaque, avec lequel, sous l'influence continue du ferment, il produit :

$$\left.\begin{matrix} C^4 \; N^2 \; H^2 \\ +\,5 \; H^2 \; O \end{matrix}\right\} \text{provenant de } C^4 \; H^4 \; O^4 + N^2 \; H^{80}$$

En récapitulant on trouve les produits définitifs suivants :

de la première réaction	$C^{26}\;H^{24}\;O^4 =$	2 atomes hydr. benzoïle.
de la seconde réaction	$C^{12}\;H^{10}\;O^5 =$	1/2 atome sucre.
	$C^8\;H^8\;O^8$	2 atomes acide formique.
de la troisième réaction	$C^4\;H^2\;N^2 =$	1 atome acide cyanhydrique.
	$H^{10}\;O^5 =$	5 atomes d'eau.
	$C^{80}\;H^{54}\;O^{22}\;N^2 =$	1 atome amygdaline.

12. — De la Fermentation synapique.

La fermentation synapique est du même genre que la précédente. Ce sont deux corps, la myrosine et le myronate de potasse, qui, mis ensemble avec de l'eau, réagissent l'un sur l'autre et disparaissent; ils n'avaient ni odeur ni saveur, sans action sur la peau : cependant ils ont donné naissance à une matière huileuse soluble dans l'éther, l'alcool, peu soluble dans l'eau, volatile, d'une odeur extrêmement forte et pénétrante, d'une saveur âcre et corrosive produisant presque instantanément sur la peau une douleur presque aussi vive que celle occasionnée par l'eau bouillante, et opérant comme cette dernière la désorganisation de l'épiderme. Ce corps c'est l'huile essentielle de moutarde. C'est à la présence de cette huile dans les synapismes qu'est due leur action rubéfiante.

Une trop grande élévation de température, l'alcool, les acides s'opposent complétement à sa formation.

13. — De la Fermentation saligénique.

La synaptase, que nous avons vu solliciter le dédoublement de la myrosine, agit aussi comme ferment sur un alcaloïde végétal, la salicine, qu'elle décompose pour donner naissance à deux produits nouveaux, le glucose et le saligénine (Peria).

Il est inutile de dire que dans cette fermentation, comme dans

toutes les autres, il faut le concourt simultané de l'eau et de la chaleur.

M. Bouchardat fait judicieusement observer que cette fermentation, loin de former avec des corps inertes des substances douées de propriétés énergiques et puissantes comme le font les fermentations benzoïque et synapique, détruit au contraire les propriétés actives de ses agents pour former des corps qui ne jouissent d'aucune activité.

14. — De la Fermentation phlorétinique.

M. Bouchardat a vu que sous l'influence de l'eau et d'une température ambiante de 20 à 22° la synaptase déboublait aussi la phlorydzine en glucose et en phlorétine, comme le fait l'acide sulfurique étendu à l'aide de l'ébullition.

Il a vu aussi que le même ferment agissait sur l'asparagine et la transformait en acide asparagique.

15. — De la Fermentation des corps gras.

Les matières albuminoïdes sont encore des ferments pour les corps gras.

Les circonstances nécessaires à toutes les fermentations que nous avons vues jusqu'alors sont aussi indispensables pour celle-ci. Tous les corps gras sont susceptibles de subir cette fermentation.

Elle a pour but la dissociation des principes constituants des graisses et l'hydratation des radicaux et des acides avec lesquels ils étaient combinés, mais anhydres.

Les corps gras rancis ou fermentés ont perdu l'odeur et la saveur douces qui les caractérisaient. Ils ont une odeur forte, persistante et désagréable ; leur saveur est nauséeuse, quelquefois âcre, mais toujours insupportable.

Il est assez difficile de préserver les corps gras de cette fâcheuse maladie. Dans les ménages on sale le beure pour absorber l'eau que ses molécules tiennent emprisonnée, ou bien on le fait fondre pour le débarrasser du même coup de l'eau et du caséum qu'il contient.

Pour les graisses employées en pharmacie on ne peut employer

que ce dernier moyen et empêcher autant que possible le contact de l'air, encore n'y parvient-on qu'assez imparfaitement.

16. — De la Fermentation ammoniacale.

M. Dumas désigne sous ce nom la fermentation de l'urée, qui, sous l'influence de l'eau, d'un ferment et d'une température favorable, se convertit en carbonate d'ammoniaque.

Si on ajoute à une solution d'urée un peu de levure de bière, et qu'on laisse en contact même pendant un certain laps de temps, il ne se manifeste aucun signe de fermentation; mais si on l'ajoute à de l'urine en nature la réaction commence au bout de quelques heures.

La matière blanche qui se dépose dans les vases où on recueille les urines est le ferment le plus énergique qui puisse développer cette fermentation.

L'urée renferme $C^2 H^8 N^4 O^2$
qui, en fixant $H^4 O^2$
produit $C^2 O^4 N^4 H^{12}$ = deux eq. de carbonamide, qui, prenant naissance au sein de l'eau, s'hydrate, et produit le carbonate d'ammoniaque, qui est représenté par

$$^2CO^2 N^2 H^8 O.$$

DES CORPS CATALYTIQUES ET DES FERMENTS.

De même que la nature, la chimie a ses lois; des lois grandes et puissantes dont elle ne saurait jamais s'écarter. Ainsi soit qu'on jette un coup d'œil rapide sur l'ensemble des corps nombreux auxquels elle a donné naissance, soit que l'on concentre toute son attention sur un seul groupe ou même sur un seul corps, il sera facile de dire les modifications qu'il a subies et les phases différentes qu'il aura parcourues pour être ce qu'il est; de plus on saura que placé dans telle ou telle circonstance il subira telle ou telle modification nouvelle.

C'est ainsi que connaissant la loi des affinités chimiques on pourra prédire qu'une lame de cuivre, de zinc, de fer, etc., placée dans une solution de nitrate d'argent y fera naître un précipité; que l'argent

chassé de sa combinaison sera remplacé, équivalent par équivalent, par le cuivre, le zinc, le fer, etc.

Bertholet, en nous faisant connaître la loi des doubles décompositions, nous a donné la faculté de pouvoir dire par avance que deux solutés métalliques quelconques, quoique pouvant être parfaitement limpides, feront naître un précipité à l'instant même de leur mélange, pourvu qu'un corps insoluble puisse prendre naissance par suite de leur décomposition mutuelle.

Ce que je viens de dire pour deux phénomènes chimiques je pourrais le dire pour beaucoup d'autres encore, mais pas pour tous cependant.

En effet il y a des combinaisons qui, quoique bien simples, paraissent sollicitées par des forces mystérieuses.

Mais comme les chimistes ne veulent pas admettre de mystères dans leur science, ils appellent tantôt *ferments*, tantôt *catalytiques*, les corps susceptibles de donner naissance à ces genres de phénomènes.

Ainsi, si on leur demande comment se fait l'alcoolisation du sucre, comment se produisent les acides sulfurique, nitrique, dans certaine circonstance, la réduction particulière de certains acides, la décomposition anormale de certains sels, etc., il leur sera aisé de répondre n'ayant que deux mots à dire : *fermentation*, *catalytie*, malheureusement ils n'expliquent rien.

Mais au moins, comment reconnaîtra-t-on que ces phénomènes appartiennent au groupe des fermentations ou des corps catalytiques?

Jusqu'ici je n'ai jamais rien vu d'écrit qui puisse résoudre ce problème, rien entendu professer dans les écoles qui puisse y apporter quelques lumières ; je pourrais même dire le contraire comme nous verrons plus bas.

Pour moi je crois qu'il existe entre ces deux genres de réactions, qui ont souvent été confondues ensemble, assez de distance, malgré l'analogie de leurs résultats, pour que l'on ne puisse plus les prendre l'une pour l'autre, et en faire deux séries parfaitement distinctes l'une de l'autre.

Voici comment je vais essayer de le prouver :

LES CORPS CATALYTIQUES	LES FERMENTS
1° Sont tous empruntés du règne minéral; (1)	Ont tous une nature organisée, soit végétale soit animale;
2° Ne subissent aucune modification, quelque longs ou de quelque nature que soient les phénomènes auxquels ils donnent lieu;	Subissent *toujours* des modifications plus ou moins profondes;
3° Lorsque leur action est épuisée un tour de main peut les rendre aussi puissants qu'auparavant;	Se détruisent toujours plus ou moins promptement, et leurs propriétés perdues, quoi qu'on fasse, ne peuvent plus reparaître;
4° Sont susceptibles, en agissant sur des corps simples ou binaires, de donner naissance à des corps plus composés.	Ne forment jamais de corps plus composés que celui sur lequel leur action s'exerce, au contraire, c'est toujours en corps plus simples qu'ils en groupent les molécules après leur dissociation.

Ces quelques caractères, auxquels je pourrais en joindre beaucoup d'autres, ne prouvent-ils pas déjà suffisamment ce que je viens d'avancer?

Je ne partage pas l'opinion professée à l'Ecole de médecine par M. Dumas (2), à savoir, que le ferment alcoolique était un véritable corps catalytique, que comme ces derniers il sollicitait les réactions chimiques sans rien perdre, sans rien gagner, qu'ainsi en agissant sur le sucre il en désagrégeait les molécules pour constituer deux corps nouveaux, dont la somme des éléments était égale à ceux du corps qui les avait fournis comme l'indiquait ce calcule :

(1) Je ne connais que l'action de la fibrine sur l'eau oxigénée qui puisse faire exception à cette règle.

(2) Quatorzième cours, 25 mai 1847.

Une molécule de sucre de raisin.	= $C^{24}\ H^{24}\ O^{24}$
donnant d'une part 8 molécules d'acide carbonique	$C^{8}\ \ O^{16}$ +
de l'autre 4 molécules d'alcool.	$C^{16}\ H^{24}\ O^{8}$ =
	$C^{24}\ H^{24}\ O^{24}$.

Or l'histoire de la fermentation nous a fait connaître le contraire.

Si les ferments sont nombreux, les corps catalytiques ne le sont pas moins; mais les premiers offrent dans l'ensemble de leur constitution et de leur mode d'action une certaine analogie qui établit entre eux une sorte de parenté, tandis que les corps catalytiques n'ont pas un seul point qui se ressemble.

Les principaux corps catalytiques sont la mousse de platine, l'acide sulfurique, des fragments de porcelaine, certains oxides métaliques, etc. Je vais en citer quelques exemples.

Si on fait passer un mélange d'oxigène et d'acide sulfureux à travers de la mousse de platine, leur combinaison s'effectuera, et de l'acide sulfurique en sera le résultat.

Un semblable artifice sollicitera la combinaison de l'oxigène et du nitrogène pour former l'acide nitrique.

En faisant passer certains gaz composé à travers un tube de porcelaine, porté au rouge et contenant intérieurement des fragments de même nature ils seront décomposés. Sans la présence de ces petites masses, qui semblent inertes, ils n'eussent été que peu ou point modifiés.

Le chlorate de potasse a besoin d'être porté à une température supérieure à 200° pour laisser dégager tout son oxigène; si on y ajoute de l'oxide cuprique ordinaire, une température bien inférieure suffira; en remplaçant l'oxide ordinaire par de l'oxide obtenu par précipitation, +85° degrés seront plus que suffisant pour produire le même effet.

L'oxide manganique est dans le même cas.

